ÜBER EINE EXPERIMENTELLE METHODE ZUR PRÜFUNG DER ABRASION VON KUNSTSTOFFZÄHNEN

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

vorgelegt von

Thomas Höhnle

Saarbrücken

1972

Aus der Abteilung für Prothetik der Klinik und Poliklinik für Zahn-,
Mund- und Kieferkrankheiten der Universität des Saarlandes
Direktor: Professor Dr.Dr. J. STÜBEN

ÜBER EINE EXPERIMENTELLE METHODE ZUR PRÜFUNG DER ABRASION VON KUNSTSTOFFZÄHNEN

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der
HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

1971

vorgelegt von
Thomas Höhnle
geb. am 21.2.1946 in Stuttgart

Dekan: Professor Dr. H. KULENKAMPFF
Referent: Professor Dr. K. FUHR

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Tag der mündlichen Prüfung 12. 5. 1972

MEINEN ELTERN
IN DANKBARKEIT

NHALTSVERZEICHNIS

		Seite
	EINFÜHRUNG	3
.	VERSCHIEDENE FORMEN DER ABRASIONS-PRÜFUNG	5
I.	AUFBAU EINER ABRIEBPRÜFMETHODE	6
V.	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	21
.	DISKUSSION	38
I.	ZUSAMMENFASSUNG	43
II.	LITERATURVERZEICHNIS	44
III.	ANHANG - Grundtabellen	47
X.	WEITERE LITERATUR ZUM THEMA	60 a

I. EINFÜHRUNG

"Die Abrasion ist ein Mittel zur Genaueinstellung der Zähne im Gebiß" (2). Dieser Angabe wird im neueren Schrifttum nicht widersprochen. Uneinheitliche Ansichten bestehen dagegen über die Ursachen, wobei im wesentlichen folgende Theorien zu unterscheiden sind:

1. Bestimmte Nahrungsbestandteile, die eine schleifende Wirkung auf den Zahnschmelz ausüben,
2. Kontaktreibung während des Kauaktes und
3. das Gegeneinanderreiben der Zähne unabhängig vom Kauakt.

Eine endgültige Entscheidung zu Gunsten einer bestimmten Theorie wird nicht getroffen. Mit großer Wahrscheinlichkeit kommt die letzte den Ursachen am nächsten, da auch heutzutage Abrasionen zu beobachten sind, die Kost jedoch kaum schleifende Nahrungsbestandteile enthält. Eine Kontaktreibung während des Kauaktes konnte durch Cinéfluorographische Untersuchungen (9) widerlegt werden, was auch durch die Untersuchungen von UDE (15) unterstrichen wird. Er wies bei körperlich hart arbeitenden Patienten mit Vollprothesen aus Kunststoffzähnen einen höheren Abrieb nach als bei solchen, die weniger hart arbeiteten.

Die Abrasionen an Kunststoffzähnen hatten in der ersten Zeit ihrer Verwendung ein solches Ausmaß, daß der Kunststoffzahn durch den aus

keramischen Massen wieder in den Hintergrund gedrängt wurde. Die Ablehnung ging so weit, daß nach OSTOJIC (zit.n. 5) Kunststoffzähne für die totale Prothese "als überhaupt nicht angezeigt" bezeichnet wurden. FISCHER-BRANDIES (5) berichtete über totale Abrasion von Kunststoffzähnen in den Jahren 1956/51. In der Zwischenzeit wurde die chemische und technische Fertigung der Kunststoffzähne weiterentwickelt, so daß sie den an sie gestellten Forderungen - Gewebsverträglichkeit, Farbbeständigkeit, Abrasionsfestigkeit - zu genügen scheinen.

Parallel zur Entwicklung der Zähne wurden auch Verfahren zu ihrer werkstoffkundlichen Prüfung erarbeitet. So sieht die ADA-Spezifikation Nr. 15 (vom 1.7.1958) für Acrylzähne eine Härteprüfung nach ROCKWELL vor, die ISO/TC - W52 (vom Juni 1969) eine Härteprüfung nach VICKERS. In anderen Arbeiten wurden außerdem Zugfestigkeit, Elastizitätsmodul, Reißlänge, Fließfestigkeit etc. geprüft. Diese Prüfungen erlauben jedoch keine zwingenden Rückschlüsse auf die Abrasion, weswegen verschiedene Abrasionsprüfmethoden entwickelt wurden. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, ein Verfahren zu erarbeiten, das Rückschlüsse über den klinischen Einsatz gestattet.

II. VERSCHIEDENE FORMEN DER ABRASIONSPRÜFUNG

Die bekannten Formen der Abrasionsprüfung lassen sich in experimentelle und klinische einteilen. Zu den rein experimentellen Verfahren gehören u.a. die nach GOLDSCHMITT, STEINMETZ und SLACK (zit. n. 11). Sie sind, ebenso wie das von SCHILLER (12) vorgeschlagene, bekannten Verfahren aus der Industrie angepaßt, die damit zum Beispiel den Antrieb von Reifen, Gummipuffern und ähnlichem überprüft. Ein dem Kunststoffzahn adäquateres Verfahren ist der Scratch-Test von PEYTON und MANN (zit. n. 11), das Verfahren nach MEMMLER - SCHOPPER (8), sowie der Kugelmühlenabriebtest von SWEENY (14). Zur Gruppe der klinischen Prüfungen gehören u.a. die Versuche von UDE (15): Er registrierte bei eingegliederten Prothesen die Bißsenkung, die als Folge der Abrasion der Kunststoffzähne auftrat.

Allen diesen Verfahren haftet jedoch der Nachteil an, daß sie rein experimentell sind und somit den physiologischen Gegebenheiten nicht entsprechen. Andererseits führen sie zu Ergebnissen, die sowohl untereinander, als auch mit den klinischen nicht verglichen werden können.

Es stellte sich daher die Forderung nach einer Prüfmethode, die den physiologischen Gegebenheiten der Mundhöhle Rechnung trägt und zu vergleichbaren Ergebnissen verschieden gefertigter Kunststoffzähne führt.

III. AUFBAU EINER ABRIEBPRÜFMETHODE

Der Grundgedanke der im folgenden beschriebenen Methode war, die Abrasionsprüfung den physiologischen Gegebenheiten der Mundhöhle anzupassen. Das bedeutete, daß für die Abrasion Prüfkörper - in welcher Form auch immer - nicht in Frage kamen. Die Kunststoffzähne durften nur in der Form der Prüfung unterworfen werden, in der sie bei der prothetischen Versorgung Verwendung finden. Gleichfalls durften sie nicht an rotierenden Scheiben oder Walzen abradiert werden, sondern an einer ihnen auch in der Mundhöhle gegenüberstehenden Zahnreihe. Als "Prüfkörper" kamen damit Kunststoffzähne in der vorgegebenen Form in Frage. Als Abrasionsgerät fand ein motorgetriebener Mittelwertartikulator Verwendung.

1. Prüfkörper.

Die zur Prüfung vorgesehenen Zähne wurden der laufenden fabrikatorischen Produktion entnommen und entsprachen somit denen, die bei der Aufstellung von Zahnersatz verwendet werden. An ihrer basalen Fläche erhielten sie eine Bohrung, in die später (siehe Seite 10) ein Stift (in Form des Dowelpins) eingeklebt wurde (Abb. 1).

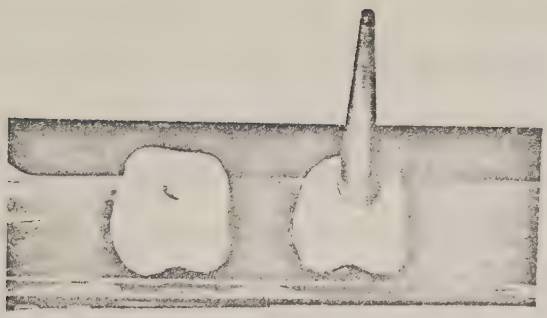

Abb. 1: "Prüfkörper" mit Bohrung und Dowelpin.

Nach dem Entfernen der Wachsreste und nach einer Trockenzeit von mindestens 24 Stunden wurden die Zähne mit einer Analysenwaage+) gewogen. Die so vorbereiteten Kunststoffzähne kamen nun zur Aufstellung.

+) Hersteller: SARTORIUS

2. Aufstellung der Zähne.

Als Aufstellungsgrundlage dienten unbezahnte Modellkiefer[+]. Nach deren Einsockeln in einen Mittelwertartikulator nach HEILBORN wiesen Ober- und Unterkiefer einen interalveolären Abstand von 18 mm auf. Eine erste Garnitur von Kunststoffzähnen für eine Vollprothese wurde analog den Forderungen von GYSI aufgestellt. Mit Hilfe eines zweiten Artikulatoroberkieferteiles konnte eine Metallkalotte (Bionator) an der Unterkieferzahnreihe ausgerichtet und das distale Ende dieser auf beiden Seiten fixiert werden. (Abb. 2)

Abb. 2: Metallkalotte und Fixierung des distalen Endes der Zahnreihe X.

+) Hersteller: Frasaco.

Dabei mußte das Artikulatoroberkieferteil parallel zum Unterkieferteil ausgerichtet sein. Der Schneidezahnführungsstift legte den Abstand der Kalotte vom Alveolarfortsatz des Unterkiefers fest. Damit waren die Grundlagen für vergleichende Untersuchungen festgelegt.

Für weitere Aufstellungen stellte die Kalotte die Bezugsebene dar. Begonnen wurde immer mit den Unterkieferzähnen, entsprechend den Markierungen von distal her, wobei ein möglichst inniger okklusaler Kontakt mit der Kalotte erzielt werden sollte (Abb. 2).

Die Aufstellung der Oberkieferzähne strebte eine möglichst große Artikulationsfläche mit den Unterkieferzähnen an. Die Zähne waren in der in ihrem Querschnitt konischen Basis körperlich gut zu fassen (Abb. 3).

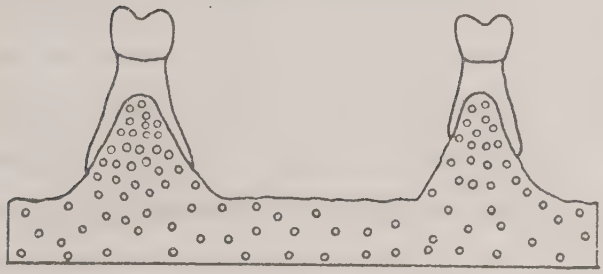

Abb. 3: Querschnitt durch das Unterkiefermodell.

Die Zahnreihen wurden oral und labial mit einer gummielastischen Masse (Optosil) abgedeckt und diese gut in die Interdentalräume adaptiert. Mit Hilfe eines geeigneten Instrumentes gravierte man in die noch weiche Masse Retentionsrillen ein. Anschließend kam jeder Kiefer in eine Küvettenhälfte, die mit frisch angerührtem Modellgips gefüllt war. Nach Abbinden des Gipses entfernte man die Modellkiefer und brühte das restliche Wachs aus. Die Zähne konnten jetzt leicht aus der Küvette entfernt (Abb. 8) und ihnen mit einem Zweikomponentenklebstoff ein Dowelpin in die dafür vorgesehene Bohrung geklebt werden (Abb. 1). Klebstelle und basaler Anteil des Zahnes schliff man bezüglich der Dowelpinachse konisch zu und füllte eventuelle Blasen und unter sich gehende Stellen mit Wachs aus. Sodann wurden Gips und Dowelpin isoliert (Stellon und Vaseline), das Küvettenoberteil aufgesetzt und mit Hartgips ausgegossen. Anschließend entfernte man vorsichtig die Küvette und trennte beide Gipshälften voneinander. Nun hatte man ein Modell in Hartgips mit herausnehmbaren Zähnen, welches noch auf die Maße eines normalen Modells abgetrimmt wurde.

Waren auf diese Weise Ober- und Unterkiefermodelle gewonnen, konnten sie in das Abrasionsgerät eingesockelt werden. Dazu wurde der Artikulator aus der Halterung (siehe unter III, 3) ausgebaut und das Oberkieferteil mit der Messingschale gegen das mit der Kalotte ausgetauscht. Jetzt füllte man die Schale des Unterkiefers mit frisch angerührtem Modellgips,

drückte das Unterkiefermodell in diesen ein und richtete es an der Kalotte aus. Daraufhin brachte man das Oberkiefermodell in maximale Interkuspidation zum Unterkiefermodell und wachste es fest. Anschließend tauschte man das Oberkieferkalottenteil wieder gegen das mit der Schale aus und befestigte mit Modellgips das Oberkiefermodell in der Oberkieferschale (Abb. 4).

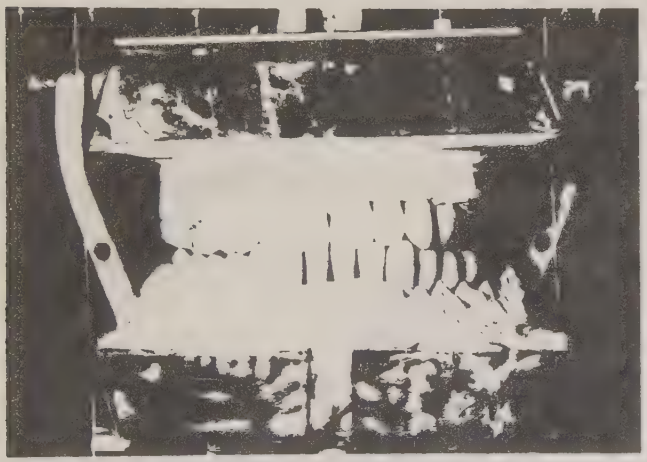

Abb. 4: Eingesockelte Untersuchungsmodelle.

Dabei war darauf zu achten, daß sich das Oberkieferteil in maximaler Dorsallage befand. Anschließend wurde das Wachs zwischen den Zahnreihen entfernt.

3. Prüfgerät.

Als Abrasionsgerät war ein Heilborn-Mittelwertartikulator mit seinem Oberkieferteil über ein U-förmiges Gestell fest an einer Bodenplatte fixiert. Zum Einsockeln der Modelle dienten im Ober- und Unterkiefer trapezförmig gestaltete Messingschalen. In Höhe der Sechsjahrmolaren wurden im Unterkiefer an der Schale Ösen nach lateral hin angebracht, in die Schnüre eingehängt werden konnten. Diese führten über Rollen an die Seite des Gerätes, wo Gewichte verschiedener Größe den veränderlichen Kaudrücken entsprachen (Abb. 5). Ein Elektromotor setzte über einen Exzenter den Unterkieferteil in eine kreisförmige Bewegung.

4. Physiologisches Milieu.

Um den physiologischen Bedingungen der Mundhöhle gerecht zu werden, versuchte man mit Speichelersatzlösungen das biologische Milieu nachzuahmen. Unter- und Oberkieferteil waren mit Kofferdamgummi so umspannt, daß beide eingeschlossen wurden. Die so gebildete Kammer ergab eine Art "Cavum oris".

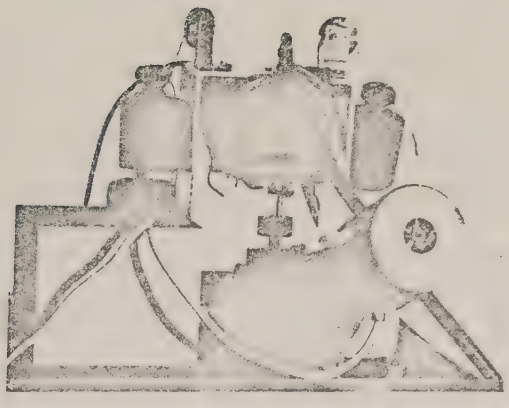

Abb. 5: Abrasionsgerät mit der experimentellen Bildung des physiologischen Mundmilieus.

Eine Pumpe, der ein Thermostat angeschlossen war, berieselte in dieser die Zahnreihen von oben mit Speichelersatzlösungen von konstanter Temperatur (Abb. 6).

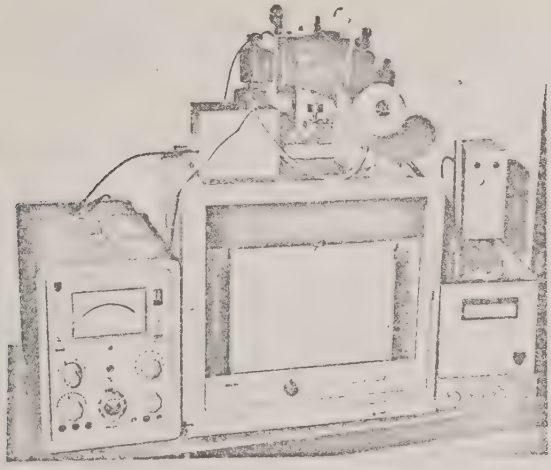

Abb. 6: Versuchsaufbau.
1: Meßbrücke; 2: Schreiber; 3: Thermostat mit Pumpe; 4: Abrasionsgerät.

5. Kaukraftmessung.

Um den effektiven Druck bei der Abrasion erfassen zu können, wurde eine Kaukraftmeßdose nach ROHRBACH mit einer wasserdichten Messinghülse versehen mit einer Führung für einen Stift, der an Stelle des Dowelpins dem Zahn 16 angeklebt und mit der Hülse im Hartgipsmodell fixiert wurde. (Abb. 7).

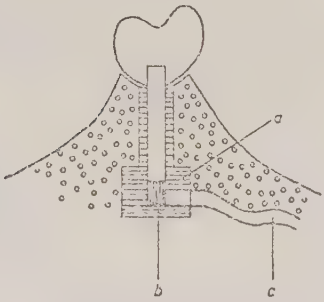

Abb. 7: Anbringung der Kaukraftmeßdose am Versuchszahn.
a. Hülse,
b. Kaukraftmeßdose,
c. elektrischer Anschluß.

6. Wägung.

Die Auswertung der Abrasion erfolgte nach dem Verfahren von GROHS (8), der die Abrasion in % des Gewichtes vor dem Versuch bestimmte:

$\frac{G}{G_1} \cdot 100$ in %

G: Gewichtsabnahme durch die Abrasion

G_1: Anfangsgewicht.

Dafür mußten die Zähne vor und nach der Abrasion gewogen werden. Hierzu wurden sie mindestens 24 Stunden getrocknet, gewogen und dann dem Abrasionsprozeß unterworfen. Nach der Prüfung entfernte man mit Preßluft den Abrasionsstaub und wog sie erneut.

7. Begründung des Verfahrens.

Als Aufstellungsgrundlage wurden unbezahnte Phantomkiefer verwendet, da Form und Größe immer gleich und so vergleichbare Ergebnisse zu erzielen sind. Aus diesem Grunde erfolgte die Aufstellung auch immer in dem selben Artikulator.

Die Abrasionsversuche mit eingegliederten Prothesen gehen zwar unter physiologischen Bedingungen von statten, lassen aber keine Vergleiche einzelner Fabrikate zu, "da mit der Eingliederung des Zahnersatzes in die Mundhöhle Einflüsse wirksam werden, die von der Eigenart der Versuchsperson abhängig sind" (15). Somit kam nur eine experimentelle Methode in Frage.

Um weitere durch die Aufstellung bedingte Fehlerquellen auszuschließen, wurde die Bionatorkalotte verwendet. Damit war die Abrasionsebene und der Standort der einzelnen Zähne fixiert, was für den Kaudruck von Wichtigkeit war.

Durch die Aufstellung vom distalen Ende der Zahnreihe aus blieben bei kleineren Zahnformen in der Front Lücken bestehen. Dies kann als bedeutungslos bezeichnet werden, da andernfalls für den Abrasionsdruck eine Berechnung für die neue Position des Zahnes notwendig geworden wäre, denn das Gewicht griff auf der Höhe des ersten unteren Molaren an.

Das Umkleiden der Zahnreihen mit gummielastischer Masse hatte den Vorteil, daß das mit Gips gefüllte Küvettenunterteil als Matrize dienen konnte (Abb. 8).

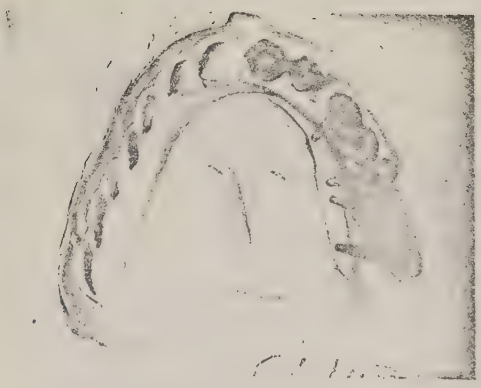

Abb. 8: Matrize.

Die Zähne konnten leicht daraus entfernt werden, das heißt, neue, mit Dowelpins versehene, wieder eingesetzt werden. Damit entfiel einmal das zeitraubende Aufstellen, zum zweiten waren innerhalb einer Serie die Aufstellungen alle gleich.

Was die maximale Dorsallage des Oberkieferteiles des Abrasionsgerätes angeht, so ließen sich die Modelle nicht anders einsockeln, um einen Antagonistenkontakt während der Artikulation zu erreichen.

Mit Hilfe der Messingschalen konnten die Modelle aus dem Abrasionsgerät entfernt werden, ohne daß sich ihre Lokalisation veränderte. So konnten mehrere Modellpaare zugleich angefertigt und ohne Zeitverlust der Prüfung unterworfen werden.

Der Exzenter bestand aus einer runden Scheibe, die exzentrische Bohrungen für den Stift besaß (r = 2, 3, 4 mm), der den Unterkieferteil in Bewegung setzte (Abb. 9).

Abb. 9: Exzenter mit Stift.

Als Speichelersatzlösungen kamen in Betracht:

1. Calberlalösung:

in 100 ml H_2O werden 0,4 g Na_3PO_4, 0,3 g NaCl, 0,3 g $CaCl_2$ gelöst und mit H_2CO_3 gesättigt, so dann mit 100 ml H_2O und 50 ml Na_2SO_4 versetzt.

2. Mineralspeichel nach LEONHARDT (zit. n.7):

KClO	0,84	$Ca_3(PO_4)_2$	0,20
K_2SO_4	0,31	$Mg_3(PO_4)_2$	0,008
K_3PO_4	0,37	Aqua dest. ad 1000,0	

Um den gewünschten Kaudruck ausüben zu können, mußte der Unterkieferteil des Abrasionsgerätes austariert werden. Durch das Eingipsen des Unterkiefermodelles in die Messingschale bei den einzelnen Versuchen entstand immer ein unterschiedliches Gewicht.

Ein Problem war und ist die exakte Einteilung des Ausmaßes der Abrasion. In der Literatur findet man die verschiedensten Verfahren angegeben, so die rein visuelle Erfassung mit einer Aufteilung in 5 Abrasionsstadien (13, 10), die Ausmessung durch Höhenverlust (15, 3), die Errechnung des Volumenverlustes (6) und die Wägung des Abriebes (8, 11). Am günstigsten erscheinen die Verfahren, die auf einer Wägung beruhen. Die Errechnung des Volumenverlustes bedeutete komplizierte Bestimmungen des spezifischen Gewichtes eines Zahnes, da die Ersatzzähne aus verschiedenen Massen bestehen. Der BIESKE'sche Abriebindex (1) kann hier ebenfalls nicht

herangezogen werden, denn die Abrasionsbedingungen sind andere. So scheint das GROH'sche Verfahren (8) das rationellste.

Es stellte sich im Verlaufe der Versuche heraus, daß das Gewicht des Kunststoffzahnes ohne Dowelpin als G_1 (siehe Seite 15) eingesetzt werden mußte, da die verwendeten Dowelpins unterschiedliches Gewicht aufwiesen.

IV. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

1. Einstellung der Geräte.

Um die Modelle unter physiologischen Bedingungen zu prüfen, durften nur solche Kräfte in Frage kommen, die außerhalb des Kauaktes bei geschlossenen Zahnreihen auftreten. FINNEGAN (4) hat dafür beim Schluckakt Kräfte von einmal 150 g bis 600 g und zum zweiten von 150 bis 1450 g gefunden. Deshalb wurde anfänglich ein Druck von 590 g auf die Zahnreihen ausgeübt, der sich jedoch im Laufe der Versuche veränderte.

Bezüglich der Abrasionsdauer fanden sich in der Literatur keine einheitlichen Werte, da die Verfahren sich teilweise sehr stark unterschieden. Die Abriebdauer wurde deshalb aus versuchstechnischen Gründen zunächst auf 6 Stunden festgelegt.

Die Drehzahl des Antriebmotors wurde so reguliert, daß der Artikulator ungefähr 62 Mahlbewegungen in der Minute ausführte. An der Exzenterscheibe wurde die 2 mm Bohrung verwendet, denn WILD und REUMUTH (zit. n. 13) hatten für die transversale Bewegung des Unterkiefers nur einen kleinen Weg von 1 - 2 mm nach jeder Seite bei ihren Untersuchungen gefunden. Somit betrug die Transversalbewegung insgesamt 4 mm.

Bei den Versuchen mit Speichelersatzlösung war der Thermostat auf 37° C ± 1° eingestellt.

2. Ergebnisse.

Ein erstes Modellpaar zeigte unter diesen Bedingungen (6 Std., 570 g, trocken) folgendes Ergebnis (auf eine Berieselung mit Lösung wurde vorerst verzichtet):

Ergebnistabelle 1:

	Zahn	Oberkiefer mg	%	Unterkiefer mg	%
	7	-3	-0,20	-4	-0,32
	6	-4	-0,23	-7	-0,45
	5	-0	-0,00	-7	-0,91
re	4	-4	-0,45	-9	-1,47
	3	+2	+0,25	-9	-1,26
	2	-3	-0,61	-8	-1,96
	1	-3	-0,34	-9	-2,20
	1	-6	-0,69	-9	-2,27
	2	-3	-0,52	-3	-0,69
	3	-1	-0,12	-3	-0,46
li	4	+2	+0,21	-3	-0,48
	5	0	0,00	0	0,00
	6	-1	-0,06	-2	-0,13
	7	-1	-0,06	-3	-0,23

Die Werte zeigten zwar eine fast einheitliche negative Tendenz, doch lagen von 28 Werten 2o innerhalb der Fehlergrenze der Waage (5 mg).

Daraufhin wurden die Versuchsbedingungen folgendermaßen verändert:

Der Druck wurde bei 590 g belassen, die Abrasionsdauer auf 12 Stunden erhöht und entsprechend den physiologischen Bedingungen die Apparatur für die Berieselung mit Speichelersatzlösung umgebaut. Ein diesen Bedingungen unterworfenes Modellpaar ergab folgende Ergebnisse:

Ergebnistabelle 2:

	Zahn	Oberkiefer mg	%	Unterkiefer mg	%
	1	+6	+o,51	+8	+1,75
	2	+4	+o,4o	+7	+1,46
	3	+4	+o,35	+8	+o,73
re	4	+5	+o,44	+9	+o,83
	5	+6	+o,52	+6	+o,56
	6	+4	+o,24	+7	+o,44
	7	+5	+o,34	+6	+o,41
	1	+5	+o,43	+8	+1,71
	2	+5	+o,5o	+8	+1,6o
	3	+7	+o,64	+9	+o,84
li	4	+7	+o,63	+6	+o,55
	5	+7	+o,6o	+8	+o,73
	6	+7	+o,4o	+6	+o,35
	7	+6	+o,42	+7	+o,48

Es ergab sich eine einheitliche Gewichtszunahme bei allen Zähnen, die größtenteils außerhalb der Fehlergrenze der Waage lag.

Um die Möglichkeit eines Zufallsergebnisses auszuschließen, wurde ein weiteres Modellpaar unter den gleichen Bedingungen geprüft. Die Untersuchungen führten jedoch zu den gleichen Ergebnissen.

Ergebnistabelle 3:

	Zahn	Oberkiefer mg	%	Unterkiefer mg	%
	7	+6	+0,42	+5	+0,33
	6	+7	+0,41	+2	+0,11
	5	+5	+0,44	+5	+0,45
re	4	+7	+0,65	+4	+0,37
	3	+6	+0,55	+3	+0,28
	2	+5	+0,52	+5	+1,16
	1	+6	+0,57	+5	+1,19
	1	+5	+0,45	+5	+1,19
	2	+5	+0,51	+4	+0,90
	3	+5	+0,46	+4	+0,38
li	4	+4	+0,38	+5	+0,46
	5	+5	+0,44	+4	+0,37
	6	+5	+0,30	+5	+0,30
	7	+5	+0,33	+5	+0,33

Um zu prüfen, ob der Grund für diese Ergebnisse im Verfahren zu suchen war, wurde dasselbe Modellpaar nach einer Trockenzeit von ca. 7 Wochen wieder unter den ursprünglichen Bedingungen (590 g, 6 Std., trocken) geprüft. Es ergaben sich etwa die gleichen Werte.

Ergebnistabelle 4:

	Zahn	Oberkiefer mg	%	Unterkiefer mg	%
	7	-1	-0,07	-1	-0,06
	6	-2	-0,11	-2	-0,11
	5	-3	-0,26	-4	-0,36
re	4	-2	-0,18	-2	-0,17
	3	0	0,00	-1	-0,09
	2	-1	-0,10	-3	-0,68
	1	-1	-0,09	-1	-0,23
	1	-1	-0,09	-1	-0,23
	2	0	0,00	-3	-0,67
	3	-2	0,18	-2	-0,19
li	4	-3	0,28	-2	-0,18
	5	-1	-0,08	-2	-0,18
	6	-3	-0,12	-2	-0,12
	7	0	0,00	-3	-0,20

Aufgrund dieses Ergebnisses wurde von weiteren Versuchen mit Speichelersatzlösung Abstand genommen.

Gleichzeitig wurden die Versuchsbedingungen folgendermaßen geändert:
Der Druck wurde auf 1500 g angehoben (siehe FINNEGAN) und die Abrasionsdauer wieder auf 12 Stunden heraufgesetzt. Außerdem wurden die Zähne jetzt auf 0,05 mg genau gewogen. Unter diesen Bedingungen wurden zwei weitere Modellpaare geprüft. Die Ergebnisse des ersten Paares waren positiv (im Sinne eines Abriebes), die des zweiten negativ.

Ergebnistabelle 5:

	Zahn	Oberkiefer		Unterkiefer	
		mg	%	mg	%
	7	-o,oo	-o,oco	-o,23	-o,o15
	6	-o,46	-o,c3o	-o,48	-o,o3o
	5	-o,29	-o,o28	-o,67	-o,o66
re	4	-o,21	-o,o21	-o,57	-o,o57
	3	-o,48	-o,o49	-o,4o	-o,o41
	2	-o,o1	-o,oo1	-o,13	-o,o42
	1	-o,11	-o,o1o	-o,29	-o,o7o
	1	-o,o3	-o,oo2	-o,42	-o,11o
	2	-o,o8	-o,oo8	-o,35	-o,o8o
	3	-o,o1	-o,co1	-o,45	-o,o46
li	4	-o,51	-o,o5o	-o,65	-o,o66
	5	-o,36	-o,o35	-o,51	-o,o5o
	6	-o,41	-o,o26	-o,44	-o,o27
	7	-o,26	-o,o18	-o,35	-o,o24

Ergebnistabelle 6:

	Zahn	Oberkiefer		Unterkiefer	
		mg	%	mg	%
	7	-69,66	-4,871	+0,06	+0,004
	6	-0,37	-0,023	-0,09	-0,005
	5	+1,87	+0,182	-0,33	-0,033
re	4	-0,18	-0,017	-0,02	-0,002
	3	-0,11	-0,010	--	--
	2	+0,04	+0,004	--	--
	1	-0,14	-0,013	+0,14	+0,033
	1	-0,16	-0,015	+0,13	+0,033
	2	-0,10	-0,010	+0,12	+0,026
	3	-0,11	-0,010	+0,13	+0,013
li	4	-0,24	-0,024	+0,12	+0,012
	5	-0,06	-0,005	+0,12	+0,011
	6	-0,38	-0,024	+0,07	+0,004
	7	-0,12	-0,008	+0,07	+0,004

Da die Werte des letzten Modellpaares wieder Gewichtszunahmen aufwiesen, wurde die Frage gestellt, ob nicht die Schwankungen der Luftfeuchtigkeit des Versuchsraumes eine Rolle spielen könnten.

Um dieses zu klären, wurde eine Oberkieferfrontzahngarnitur gereinigt und in ihrem Gewichtsverhalten über fünf Tage hin verfolgt:

Ergebnistabelle 7:

	Zahn	1.	3.	4.	5. Tag
	3	-1	-8	-28	+25
re	2	+12	-7	-32	+25
	1	+15	-9	-3o	+22
	1	+15	-8	-29	+19
li	2	+15	-9	-25	+23
	3	+13	-5	-25	+21

in mg. $1o^{-2}$

Dabei zeigten sich Schwankungen bis zu o,32 mg. Für die Ergebnisse des letzten Modellpaares hieß das, daß keine definitive Aussage über eine Abrasion oder Nicht -Abrasion gemacht werden konnte, denn die Werte lagen innerhalb dieser Grenze. Die Forderung nach Schaffung eines gleichmäßigen Klimas konnte aus technischen Gründen nicht erfüllt werden. Es wurde jedoch nunmehr darauf geachtet, daß das Klima

Im Versuchsraum annähernd konstant blieb.

Damit die Fehlerbreite durch Klimaschwankungen umgangen werden konnte, wurde die Abrasionsdauer für ein weiteres Modellpaar auf 26 Stunden erhöht, der Druck bei 1500 g belassen.

Die Ergebnisse waren folgende:

Ergebnistabelle 8:

	Zahn	Oberkiefer		Unterkiefer	
		mg	%	mg	%
	7	-0,32	-0,023	-0,18	-0,012
	6	-0,21	-0,013	-0,23	-0,014
	5	-0,91	-0,088	-0,75	-0,076
r c	4	-0,37	-0,036	-0,20	-0,020
	3	-0,28	-0,027	--	--
	2	-0,27	-0,028	--	--
	1	-0,29	-0,027	-0,10	-0,024
	1	-0,25	-0,023	-0,09	-0,021
	2	-0,21	-0,022	-0,15	-0,033
	3	-0,23	-0,022	-0,13	-0,013
li	4	-0,25	-0,025	-0,33	-0,033
	5	-0,12	-0,011	-0,21	-0,020
	6	+0,03	+0,001	-0,25	-0,016
	7	-0,28	-0,019	-0,46	-0,031

Zwar zeigten die Werte eine fast einheitliche Gewichtsabnahme, doch lagen sie größtenteils in der durch Klimaschwankungen ermittelten Fehlergrenze.

Damit festgestellt werden konnte, ob mit dieser Versuchsanordnung überhaupt ein Abrieb möglich ist, wurden zwei weitere Modellpaare hergestellt. Die Kunststoffzähne dieser Modelle waren nicht der laufenden Produktion entnommen. Der Kunststoff war nach Angaben der Hersteller weniger hart, so daß ein Abrieb zu erwarten sein mußte. Für beide Modellpaare wurde der Druck auf 2000 g und die Abrasionsdauer auf 25 Stunden festgesetzt. Außerdem konnte bei diesen Versuchen auf die Frontzähne verzichtet werden, da in vorangegangenen Experimenten an diesen keine Abrasionsspuren nachzuweisen waren. Die so ermittelten Ergebnisse zeigten eine deutliche Abrasion sowohl visuell wie in den Meßwerten:

Ergebnistabelle 9: s. S. 32

Ergebnistabelle 9:

	Zahn	Oberkiefer		Unterkiefer	
		mg	%	mg	%
	7	-1,41	-o,136	-1,o5	-o,o93
	6	-2,75	-o,223	-1,85	-o,148
re	5	-1,19	-o,o96	-1,39	-o,124
	4	-1,54	-o,132	-1,28	-o,12o
	4	-1,33	-o,12o	-1,16	-o,1o9
	5	-1,51	-o,126	-2,25	-o,244
li	6	-1,23	-o,1o4	-1,35	-o,1o7
	7	-1,o3	-o,1o2	-o,68	-o,o64

Ergebnistabelle 10:

	Zahn	Oberkiefer mg	%	Unterkiefer mg	%
	7	-1,32	-o,119	-1,92	-o,186
	6	-o,47	-o,o36	-o,4o	-o,o32
re	5	-1,33	-o,113	-1,34	-o,12o
	4	-o,86	-o,o73	-1,o4	-o,o95
	4	-o,56	-o,o47	-o,48	-o,o45
	5	-o,72	-o,o6o	-o,44	-o,o4o
li	6	-1,34	-o,1o4	-2,62	-o,2o3
	7	-o,66	-o,o62	-o,49	-o,o47

Die Ergebnisse lagen dabei deutlich über der oben genannten Fehlergrenze. Somit war erwiesen, daß mit Hilfe des angegebenen Verfahrens ein Abrieb bei "minderwertigen" Kunststoffzähnen zu erzielen war.

Aufgrund des positiven Ergebnisses wurden drei weitere Modellpaare unter denselben Bedingungen geprüft. Für die beiden ersten Modellpaare war ebenfalls eindeutig ein Abrieb festzustellen:

Ergebnistabelle 11:

	Zahn	Oberkiefer mg	%	Unterkiefer mg	%
	7	-0,41	-0,041	-0,36	-0,034
	6	-0,62	-0,056	-0,82	-0,070
re	5	-0,11	-0,010	-0,71	-0,062
	4	-0,74	-0,071	-1,13	-0,108
	4	-0,57	-0,055	-0,81	-0,074
	5	-2,47	-0,242	-2,20	-0,205
li	6	-1,21	-0,103	-1,35	-0,111
	7	-0,48	-0,049	-0,59	-0,055

Ergebnistabelle 12:

	Zahn	Oberkiefer mg	%	Unterkiefer mg	%
	7	-1,o8	-o,456	-o,77	-o,3o2
	6	-2,21	-o,491	-1,63	-o,353
re	5	-3,o3	-o,775	-3,oo	-o,93o
	4	-1,co	-o,272	-o,62	-o,2o9
	4	-1,49	-o,439	-1,25	-o,461
	5	-o,8o	-o,22o	-o,65	-o,22o
li	6	-1,99	-o,441	-1,51	-o,3o3
	7	-o,66	-o,284	-o,65	-o,237

Beim letzten Modellpaar traten jedoch wieder Gewichtszunahmen auf:

Ergebnistabelle 13:

	Zahn	Oberkiefer mg	%	Unterkiefer mg	%
	7	-o,o2	-o,oo8	-o,23	-o,1o3
	6	-1,o3	-o,229	-1,77	-o,4o1
re	5	-o,56	-o,153	-1,1o	-o,363
	4	-o,24	-o,o71	+o,54	+o,181
	4	+o,27	+o,o82	-1,18	-o,41o
	5	-o,46	-o,131	-o,7o	-o,238
li	6	+o,1o	+o,o21	-o,67	-o,144
	7	-o,3o	-o,131	-o,53	-o,2o7

Eine Erklärung dafür ist wahrscheinlich, daß die rechte Führungsschraube des Artikulatorgelenkes sich während des Versuches gelöst hatte. Dadurch unterlagen nicht alle Zähne einem gleichmäßigen Abrieb, so daß die Gewichtszunahmen wieder auf die Klimaschwankungen zurückgeführt werden müssen.

Die Ergebnisse der Kaukraftmessung erbrachten keine Aussage über den effektiven Druck, der auf den Zähnen lastete. Die Nullpunktslinie unter-

log offensichtlich periodischen Schwankungen mit einem großen Sprung zwischen der 5. und 6. Abrasionsstunde in diesem Beispiel. Auch die Amplitudendifferenz zeigte eine periodische Schwankung, ab der 3. Stunde mit zunehmender Tendenz (Abb. 1o).

Einer weiteren Untersuchung müßte es vorbehalten bleiben, die erzielte Kurve mit dem Abrasionsgeschehen am Zahn 16 in Verbindung zu bringen.

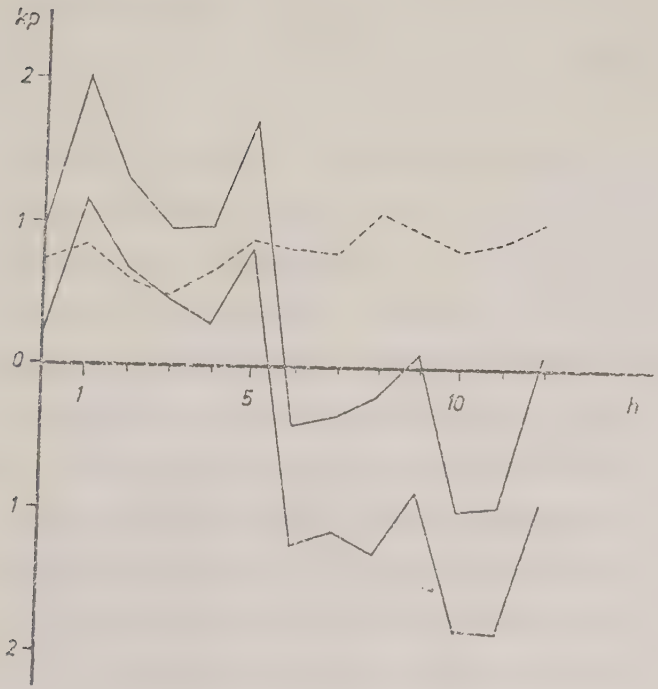

Abb. 1o: ____ Ampl. absolut, ------ Ampl. Differenz.

V. DISKUSSION

In dem angegebenen Verfahren wird versucht, Kunststoffzähne unter physiologischen Bedingungen auf ihre Abriebfestigkeit zu prüfen. Das ist bis zu einem gewissen Grad gelungen. Die Versuchsanordnung entspricht weitgehend den biomechanischen Gegebenheiten im Kauorgan. Chemische und physikalische Einflüsse konnten jedoch nicht nachgeahmt werden. So mißlang der Versuch, das feuchte Milieu der Mundhöhle nachzuahmen und in seinen Wirkungen auf die Abrasion zu prüfen.

Ein weiterer unphysiologischer Faktor ist der Versuchsablauf selbst. Eine Prothese wird nicht 25 Stunden ununterbrochen der Abrasion ausgesetzt sein. Bei STRAUBE (13) findet man Gebrauchszeiten von 23 - 38 min/Tag für den Kauapparat, wobei sich diese Zeit noch auf drei Tageszeiten verteilt. In der Zwischenzeit werden die Zähne kaum beansprucht und unterliegen anderen Einflüssen. Auf diese Weise können sich durch die Abrasion bedingte Spannungen wieder ausgleichen. Für einen experimentellen Versuch ist es jedoch notwendig, die Zeit zu raffen, um die Ergebnisse verwerten zu können. Dabei zeigte sich, daß für die Feststellung eines Abriebes mit der oben geschilderten Methode die physiologischen Bedingungen verlassen werden mußten.

Die Möglichkeiten dieser Methode sind vielfältig. Einmal kann man Kunststoffzähnen ebenfalls Kunststoffzähne gegenüberstellen, oder keramische Zähne gegen Kunststoffzähne abradieren lassen, oder Zahnreihen aus keramischen und Kunststoffzähnen aufstellen und der Abrasion unterwerfen. Ebenso kann man gewisse Kaugewohnheiten nachahmen, z.B. eine bevorzugte Kauseite. An dieser wird dann einfach das angreifende Gewicht erhöht. Die klinische Bedeutung ist folgende:
Sind auf beiden Seiten die gleichen Zähne aufgestellt, so werden die Abrasionen auf der Kauseite größer sein. Das führt zu einer einseitigen Bißsenkung mit ihren Folgen. Um das zu verhindern, bestimmt man den Kaudruck beider Seiten und prüft experimentell, ob die Abrasion der analogen Zähne gleichmäßig ist.

Nimmt man von einer Prothese, die eingegliedert werden soll, einen gummielastischen Abdruck, so braucht man nur die mit Dowelpins versehenen Zähne gleichen Typs einzusetzen, den Abdruck mit Gips auszugießen und in das Abrasionsgerät einzusockeln. Dann kann die experimentell ermittelte Abrasion mit der klinischen verglichen werden. Nimmt man anstatt eines Mittelwertartikulators einen für die individuelle Aufstellung und ermittelt die entsprechenden Daten eines Patienten, so können möglicherweise die Faktoren ermittelt werden, die auch heute noch Abrasionen an Kunststoffzähnen verursachen, obwohl die

heutigen Kunststoffzähne einen hohen Grad an Abriebfestigkeit aufweisen.

Daß das angegebene Verfahren zur Prüfung der Abrasion von Kunststoffzähnen geeignet ist, zeigen die Ergebnistabellen (ET+) 9 und 10 gegenüber den Tabellen ET 11, 12, 13. Die Zähne von ET 9 und 10 waren aus einem Kunststoff hergestellt, der nach Angaben der Hersteller einen geringeren Härtegrad aufwies als der für Kunststoffzähne sonst übliche. Dementsprechend waren auch die Abrasionswerte höher als bei den Zähnen aus normalem Kunststoff (ET 11, 12, 13). Wäre das Verfahren nicht geeignet gewesen, so hätten bei den weniger harten Zähnen ebenfalls Werte ermittelt werden müssen, wie sie bei ET 11, 12, 13 vorliegen. Diese geringen Werte beruhen auf der Abriebfestigkeit der heutigen Kunststoffzähne. Dies kann jedoch nur solange gelten, als beim Einschleifen der Prothesen nicht der Kern des Kunststoffzahnes freigelegt wird. Dieser besteht nicht aus so hochvernetztem Kunststoff wie die Außenhaut, damit der Zahn sich gut mit der Basis im Sinne einer Einstoffprothese verbindet. Deshalb soll beim Aufstellen von Prothesen möglichst die okklusale Fläche der Zähne geschont werden.

+) im nachfolgenden immer mit ET bezeichnet.

Für die Feststellung eines Abriebes mußten die physiologischen Bedingungen verlassen werden. Um sich nicht zu weit von diesen zu entfernen, wurde der Druck bei 2000 p belassen. Was die Abrasionsdauer angeht, so dürften die 25 Stunden der letzten Versuche nicht nur einer Tragezeit von 50 Tagen entsprechen (ca. 0,5 Std. pro Tag). Da die Abriebpartikel im Versuch als Schmirgel wirken - im Gegensatz zu den Mundverhältnissen - müßte die Versuchsdauer eher einer noch längeren Tragezeit entsprechen.

Die Begriffe Kaudruck und Kaukraft wurden hier als Synonyme gebraucht, obwohl Druck und Kraft über die Fläche miteinander verbunden sind. Es ist jedoch bei der Abrasion nicht möglich, von Kaudruck im physikalischen Sinne zu sprechen, da sich durch die Abrasion die Fläche, auf die eine Kraft einwirken kann, ständig verändert. Für den reinen Versuch ist es bedeutungslos.

Der Versuch, das feuchte Milieu der Mundhöhle nachzuahmen, scheiterte; aus den Beobachtungen der abgelaufenen Versuche kann man jedoch folgendes dazu sagen: Der Abrieb blieb bei den Trockenversuchen als feines Pulver auf den Zähnen liegen und wurde somit im weiteren Verlauf der Abrasion zum Schmirgelpulver (s.o.). Werden die Zahn-

reihen mit einer Speichelersatzlösung berieselt, so wird dadurch der Abrieb weggespült und kann nicht mehr als Schmirgel dienen. Wahrscheinlich ist dieses zusammen mit der kurzen Abrasionsdauer die Ursache dafür, daß die Versuche mit den Speichelersatzlösungen fehl schlugen.

Ein Vergleich der Ergebnisse von GROHS (8) mit den eigenen ergibt, daß dieser einen Abrieb festgestellt hat, der ungefähr das Zehnfache dessen ist, was eigene Untersuchungen ergaben. Das ist darauf zurückzuführen, daß bei GROHS die Belastung der Kunststoffzähne größer war, denn vergleichsweise haben von 11 natürlichen Zähnen 6 die Prüfung nicht überstanden, sondern gingen während der Versuche zu Bruch.

Abschließend kann gesagt werden, daß die heutigen Kunststoffzähne einen so hohen Grad an Abriebfestigkeit aufweisen, daß es berechtigt ist, sie als Ersatzzähne zu verwenden.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Nach Darstellung der drei allgemein anerkannten Abrasionsursachen werden die in der Literatur angegebenen Verfahren aufgeführt, die zur Prüfung der Abrasion von Kunststoffzähnen dienen. Es folgt die Beschreibung des eigenen Verfahrens, das den biomechanischen Bedingungen der Mundhöhle weitgehend Rechnung trägt: In einem motorgetriebenen Mittelwertartikulator werden Kunststoffzähne an Kunststoffzähnen abradiert und über die erzielten Ergebnisse berichtet. Der dabei festgestellte Abrieb war absolut und relativ so gering, daß die Frage aufgeworfen wurde, ob das Verfahren überhaupt zur Abrasionsprüfung geeignet sei. Bei anschließenden Versuchen mit Zähnen geringerer Härte zeigte sich ein vergleichsweise starker Abrieb, so daß für die normalen Kunststoffzähne die Versuchsbedingungen bezüglich der Andrücke und Dauer verlängert wurden. Mit dieser Versuchsanordnung ließ sich ein Abrieb eindeutig nachweisen. Damit aber waren die physiologischen Bedingungen nicht mehr gegeben. Die in Vergleichsuntersuchungen ermittelten Ergebnisse mit der neu entwickelten Prüfapparatur zeigten insgesamt eine kaum meßbare Abrasion.

VII. LITERATURVERZEICHNIS

1. BIESKE, D.: Neue Methode zur Untersuchung der Abriebfestigkeit zahnärztlicher Materialien. Dtsch. Stomat. 18, H 8, 565 (1968)

2. BRKE, W.: Untersuchung über die Abrasion menschlicher Zähne. Med. Diss. Rostock 1965

3. BÖHL, H.: Zur Frage der Abrasion und Härte gebräuchlicher Kunststoffzähne. Med. Diss. Tübingen 1956

4. FINNEGAN, F.: Determination of maxillomandibular force generated during deglutition. J. prosth. Dent. 7, H 2, 134 (1967)

5. FISCHER-BRANDIES, A.: Abrasion an Kunststoffzähnen in totalen Prothesen. Zahnärztl. Praxis 8, H 1, 10 (1957)

6. FRENZ, J.: Materialprüfungen an Kunststoffzähnen und Messung ihrer Abrasion bei abnehmbarem Zahnersatz mit einer neuen Methode. Med. Diss. Berlin 1955

7. GERKE, J., K. GERLICH: Kritische Betrachtung der dentalen Kunstharze bei Verwendung als Prothesen- und Zahnbeinmaterial und ein Vergleich mit dem Prothenmaterial Kautschuck. Dtsch.zahnärztl. Z. 5, 93 (1950)

8. GROHS, R.: Die Verwendung des Kunststoffzahnes mit besonderer Berücksichtigung meiner Erfahrungen mit dem Dendia-Zahn. Österr.Zschr.Stomat. 51, 464 (1954)

9. JANKELSON, B., O. HOFFMANN, J. HENDRON: Die Physiologie des stomatognatischen Systems. Quintessenz Ref. 321, H 6, (1958)

10. MEYER, H.: Über die Ursachen der Abrasio dentis. Dtsch.zahnärztl. Z. 14, 941 (1959)

11. NAUSCHÜTZ, W.: Über die Abriebfestigkeit von Kunststoffen. Med.Diss.Greifswald 1961

12. SCHILLER, F.: Eine Maschine zur Prüfung der Abrasion von Kunstharzzähnen. Zahnärztl. Praxis 16, 15 (1965)

13. STRAUBE, CHR.: Die Abrasion als Bewegungsmarken.
Med.Diss. Halle 1958

14. SWEENY, W., E. YOST, J. [illegible]: Physical properties of plastic teeth.
J.amer.dent.ass. 56, 838 (1958)

15. UDE, H.: Methode zur Messung der Abrasion an Kunststoffzähnen totaler Prothesen.
Med. Diss. Hamburg 1961.

VIII. ANHANG

Grundtabellen.

Tabelle 1:

	Zahn	Oberkiefer I mg	Oberkiefer II mg	Unterkiefer I mg	Unterkiefer II mg	
	7	1,478	1,475	1,246	1,242	
	6	1,699	1,695	1,54o	1,533	
	5	o,853	o,853	o,762	o,755	
I	4	o,878	o,874	o,6o6	o,597	
	3	o,795	o,797	o,63o	o,621	
	2	o,491	o,498	o,4o7	o,399	
	1	o,858	o,855	o,4o8	o,399	I.: Gewicht vor
	1	o,863	o,857	o,395	o,386	II.: nach der Abrasion.
	2	o,565	o,562	o,431	o,428	
	3	o,8o6	o,8o5	o,639	o,636	
II	4	o,918	o,92o	o,615	o,612	
	5	o,881	o,881	o,781	o,781	
	6	1,683	1,682	1,531	1,529	
	7	1,472	1,471	1,293	1,292	

Tabelle 2:

	Zahn	I mg	II mg	III mg	IV mg
			Oberkiefer		
	7	1,467	1,468	1,473	1,469
	6	1,641	1,645	1,649	1,645
	5	1,135	1,136	1,142	1,137
re	4	1,119	1,123	1,128	1,123
	3	1,128	1,133	1,137	1,132
	2	o,994	o,996	1,ooo	o,996
	1	1,155	1,158	1,164	1,159
	1	1,147	1,152	1,157	1,152
	2	o,98o	o,983	o,988	o,983
	3	1,o79	1,o81	1,o88	1,o81
li	4	1,o99	1,1o1	1,1o8	1,1o3
	5	1,151	1,155	1,162	1,159
	6	1,7o3	1,7o8	1,715	1,7o9
	7	1,423	1,427	1,433	1,423
			Unterkiefer		
	7	1,431	1,435	1,441	1,436
	6	1,576	1,582	1,589	1,584
	5	1,o55	1,o6o	1,o66	1,o59
re	4	1,o74	1,o77	1,o86	1,o78
	3	1,o84	1,o88	1,o96	1,o88
	2	o,471	o,477	o,484	o,477
	1	o,452	o,456	o,464	o,456
	1	o,461	o,467	o,475	o,468
	2	o,486	o,491	o,499	o,491
	3	1,o61	1,o66	1,o75	1,o67
li	4	1,o68	1,o75	1,o81	1,o75
	5	1,o84	1,o9o	1,o93	1,o91
	6	1,685	1,693	1,699	1,695
	7	1,448	1,455	1,462	1,457

I: Gewicht troc
II: Gewicht feu
III: Gewicht nac
Abrasion
IV: Gewicht feu

Tabelle 3:

	Zahn	I mg	II mg	III mg	IV mg
			Oberkiefer		
	7	1,468	1,41o	1,416	1,415
	6	1,695	1,7oo	1,7o7	1,7o7
	5	1,117	1,12o	1,125	1,127
re	4	1,o65	1,o68	1,o73	1,o76
	3	1,o75	1,o76	1,o82	1,o84
	2	o,943	o,944	o,949	o,95o
	1	1,o44	1,o46	1,o52	1,o52
	1	1,o99	1,o99	1,1o4	1,1o5
	2	o,977	o,977	o,982	o,985
	3	1,o8o	1,o83	1,o88	1,o89
li	4	1,o39	1,o39	1,o43	1,o44
	5	1,124	1,125	1,13o	1,135
	6	1,645	1,647	1,652	1,655
	7	1,472	1,474	1,479	1,481
			Unterkiefer		
	7	1,473	1,475	1,48o	1,481
	6	1,695	1,698	1,7oo	1,7o3
	5	1,o85	1,o87	1,o92	1,o95
re	4	1,o59	1,o56	1,o6o	1,o64
	3	1,o4o	1,o39	1,o42	1,o47
	2	o,434	o,431	o,436	o,438
	1	o,42o	o,417	o,422	o,424
	1	o,419	o,417	o,422	o,424
	2	o,444	o,443	o,447	o,45o
	3	1,o38	1,o35	1,o39	1,o44
li	4	1,o67	1,o64	1,o69	1,o74
	5	1,o74	1,o71	1,o75	1,o8o
	6	1,663	1,662	1,657	1,672
	7	1,481	1,478	1,483	1,483

I: Gewicht trocken
II: Gewicht feucht
III: Gewicht nach Abrasion
IV: Gewicht feucht

Tabelle 4:

	Zahn	Oberkiefer I mg	Oberkiefer II mg	Unterkiefer I mg	Unterkiefer II mg	
	7	1,413	1,412	1,475	1,474	
	6	1,7o2	1,7oo	1,699	1,697	
	5	1,124	1,121	1,o9o	1,o86	
re	4	1,o73	1,o71	1,o59	1,o57	
	3	1,o8o	1,o8o	1,o42	1,o41	
	2	o,948	o,947	o,436	o,433	
	1	1,o49	1,o48	o,422	o,421	
						I: Gewicht vor II: Gewicht nach Abrasion
	1	1,1o2	1,1o1	o,422	o,421	
	2	o,932	o,932	o,447	o,444	
	3	1,o86	1,o84	1,o37	1,o35	
li	4	1,o43	1,o4o	1,o67	1,o65	
	5	1,123	1,127	1,o75	1,o73	
	6	1,65o	1,647	1,654	1,652	
	7	1,476	1,476	1,481	1,479	

Tabelle 5:

	Zahn	Oberkiefer I mg	Oberkiefer II mg	Unterkiefer I mg	Unterkiefer II mg
	7			1,447o4	1,44681
	6	1,51727	1,51681	1,56947	1,56899
	5	1,o2612	1,o2583	1,oo865	1,oo818
re	4	o,98783	o,98762	o,9854o	o,98483
	3	o,97445	o,97397	o,96632	o,96592
	2	o,92332	o,92331	o,42154	o,42436
	1	1,o3643	1,o3634	o,4o849	o,4o82o
	1	1,o6568	1,o6565	o,38o68	o,38o26
	2	o,9o92o	o,9o928	o,43222	o,43187
	3	o,98963	o,98962	o,96482	o,96437
li	4	1,oo48o	1,oo429	o,97642	o,97577
	5	1,o2796	1,o276o	1,oo848	1,oo797
	6	1,55923	1,55882	1,6o352	1,6o3o8
	7	1,41991	1,41965	1,4o196	1,4o161

I: Gewicht trocken
II: feucht
III: nach Abras
IV: Gew.feuch

Tabelle 6:

	Zahn	Oberkiefer I mg	Oberkiefer II mg	Unterkiefer I mg	Unterkiefer II mg	
	7	1,43ooo	1,36o34	1,46168	1,46174	
	6	1,54711	1,54674	1,57283	1,57274	
	5	1,o2575	1,o2712	o,98398	o,98365	
re	4	1,oo525	1,oo5o7	o,9694o	o,96938	
	3	1,o2595	1,o2584			
	2	o,95836	o,9584o			
	1	1,o3982	1,o3968	o,41484	o,41498	
						I: Gewicht vor
						II: Gewicht nach
	1	1,o6o46	1,o6o3o	o,42624	o,42637	Abrasion
	2	o,954o3	o,95393	o,44717	o,44729	
	3	1,o4442	1,o4431	o,98457	o,9847o	
li	4	o,98943	o,98919	o,988o4	o,98792	
	5	1,o2337	1,o2331	1,o1241	1,o1253	
	6	1,56344	1,563o6	1,54862	1,54855	
	7	1,45151	1,45139	1,46381	1,46388	

Tabelle 7:

	Zahn	1. Tag mg	2. Tag mg	3. Tag mg	4. Tag mg	5. Tag mg
	3	o,38o29	o,38o28	o,38o2o	o,37992	o,38o17
re	2	o,24754	o,24766	o,24759	o,24727	o,24752
	1	o,41651	o,41666	o,41657	o,41627	o,41649
	1	o,4o385	o,4o4oo	o,4o392	o,4o363	o,4o382
li	2	o,24125	o,2414o	o,24131	o,241o6	o,24129
	3	o,35579	o,35592	o,35587	o,35562	o,35583

Tabelle 8:

	Zahn	Oberkiefer I mg	Oberkiefer II mg	Unterkiefer I mg	Unterkiefer II mg	
	7	1,35988	1,35956	1,46o83	1,46o65	
	6	1,54584	1,54563	1,5717o	1,57147	
	5	1,o2651	1,o256o	o,98295	o,9822o	
re	4	1,oo431	1,oo394	o,9686o	o,9684o	
	3	1,o2439	1,o2465			
	2	o,95783	o,95756			
	1	1,o3889	1,o386o	o,41436	o,41426	I: Gewicht vor
						II: Gewicht nach Abrasion
	1	1,o5949	1,o5924	o,4257o	o,42561	
	2	o,95324	o,953o3	o,44658	o,44643	
	3	1,o4332	1,o43o9	o,98386	o,98373	
li	4	o,98832	o,988o7	o,98696	o,98663	
	5	1,o2229	1,o2217	1,01154	1,o1133	
	6	1,56179	1,56182	1,54723	1,54698	
	7	1,45o66	1,45o38	1,46276	1,4623o	

Tabelle 9:

	Zahn	Oberkiefer I mg	Oberkiefer II mg	Unterkiefer I mg	Unterkiefer II mg	
	7	1,o3118	1,o2977	1,11969	1,11864	
re	6	1,228o2	1,22527	1,24421	1,24236	
	5	1,23628	1,235o9	1,11422	1,11283	
	4	1,16566	1,16412	1,o6o89	1,o5961	
						I: Gewicht vor
	4	1,1o411	1,1o278	1,o6331	1,o6215	II: Gewicht nach Abrasion
	5	1,19o5o	1,18899	o,92147	o,91922	
li	6	1,228o7	1,22679	1,25264	1,25129	
	7	1,oo437	1,oo334	1,o5548	1,o548o	

Tabelle 1o:

	Zahn	Oberkiefer I mg	Oberkiefer II mg	Unterkiefer I mg	Unterkiefer II mg
	7	1,1o4o8	1,1o26o	1,o3o81	1,o2889
	6	1,272o6	1,27159	1,21331	1,21291
re	5	1,172o7	1,17o74	1,11141	1,11oo7
	4	1,17583	1,17497	1,o8569	1,o8465
	4	1,1839o	1,18834	1,o4592	1,o4544
	5	1,18187	1,18115	1,o987o	1,o9826
li	6	1,28723	1,28589	1,25793	1,25531
	7	1,o5318	1,o5252	1,o2731	1,o2682

I: Gewicht vor

II: Gewicht nac
Abrasion

Tabelle 11:

	Zahn	Oberkiefer I mg	Oberkiefer II mg	Unterkiefer I mg	Unterkiefer II mg
	7	o,994o2	o,99361	1,o3595	1,o3559
	6	1,1o227	1,1o165	1,15886	1,158o4
re	5	1,o159o	1,o1579	1,13441	1,1337o
	4	1,o2913	1,o2839	1,o4414	1,o43o1
	4	1,o2431	1,o2374	1,o8331	1,o825o
	5	1,o1984	1,o1737	1,o7292	1,o7o72
li	6	1,11o98	1,1o977	1,2o635	1,2o5oo
	7	o,968o6	o,96758	1,o41o4	1,o4o46

I: Gewicht vor

II: Gewicht nach Abrasion

Tabelle 12:

	Zahn	I mg	II mg	III mg
			Oberkiefer	
	7	o,23674	1,o7122	1,o7o14
	6	o,44983	1,23288	1,23o67
re	5	o,39o62	1,1o999	1,1o696
	4	o,342o1	1,16924	1,16824
	4	o,33886	1,13453	1,133o4
	5	o,36245	1,1646o	1,1638o
li	6	o,45o58	1,27815	1,27616
	7	o,23238	o,99836	o,9977o
			Unterkiefer	
	7	o,25437	1,o4931	1,o4854
	6	o,46142	1,24959	1,24796
re	5	o,3o591	1,o9264	1,o8964
	4	o,29549	1,1o693	1,1o631
	4	o,27o74	1,1217o	1,12o45
	5	o,29449	1,12187	1,12118
li	6	o,49797	1,34991	1,3484o
	7	o,27411	1,16137	1,16o72

I: Gewicht ohne
II: Gewicht mit Dowelpin
III: nach Abrasion

Tabelle 13:

	Zahn	I mg	II mg	III mg
			Oberkiefer	
	7	o,23752	o,99161	o,99159
	6	o,44844	1,15478	1,15375
re	5	o,36567	1,11817	1,11761
	4	o,33786	1,o7o78	1,o7o54
	4	o,3257o	1,o6617	1,o6644
	5	o,34894	1,1o618	1,1o572
li	6	o,45791	1,21237	1,21247
	7	o,22899	o,96848	o,96818
			Unterkiefer	
	7	o,25197	o,99269	1,o1534
	6	o,44o74	1,196oo	1,19423
re	5	o,3o247	1,o1789	1,o1679
	4	o,2983o	1,o2682	1,o2736
	4	o,28728	1,o1652	1,o1534
	5	o,29361	1,o2793	1,o2723
li	6	o,4645o	1,21755	1,21688
	7	o,2549o	o,99819	o,99766

I: Gewicht ohne
II: Gewicht mit Dowelpin
III: nach Abrasion

WEITERE LITERATUR ZUM THEMA:

ASHMORE, H.: Dental enamel abrasion, an in vitro method using interference microscopy. Brit.Dent. J. 120, H 7, 309 (1966)

BRUHN, K.: Über die Ursache der Abrasio dentis. Zur gleichnamigen Veröffentlichung von H. MEYER. Deutsch.zahnärztl.Z.14, (1959) D. zahnärztl. Z. 15, H 8, 678 (1960)

BULL, A.W., und C.C. CROKER: An unusal occurrence of erosion. Case report. Austral. Dent.J. 10, H 6, 433 (1965)

CARLSSON, G.E., A. HUGOSON, und G. PERSSON: Dental abrasion and alveolar bone loss in the white rat IV. The importance of the consistency of the diet and its abrasive components. Odont.Revy 18, H 3, 263 (1967)

DAHLBERG, A., und W. KINZEY: Etude microscopique de l' abrasion et de l' attrition sur la surface des dents. Bull. internat. rech. sc. stomat. 5, H 4, 242, (1962)

FRALEIGH, C.M., J.H. MC ELKANEY, und R.A. HEISER: Tooth brushing force study. J.dent.Res. 46, H. 1/2, 209 (1967)

FRYKHOLM, K.O.: Undersökning av tandförhållanden hos järnverksarbetare inom ett sinte verk med särskild hänsyn till abrasionsskador. Odont.Tskr.(Schwd.) 71, H 3, 199 (1963)

FUHR, K.: Funktionelle und biologische Gesichtspunkte bei der Auswahl künstlicher Zähne. Zahnärztliche Welt 67, 200 (1966)

HELM, K.: Zur Chemie der in der Zahnheilkunde verwendeten weichbleibenden Kunststoffe. Dt.zahnärztl. Z. 21, 1433 (1960)

HENKEL, G.: Fizikai vizsgálatok a müanyag fogak fémeket koptató katasáról. Fogorv.Szle. 60, H 5, 138 (1967)

HEIDRICH, J.: Analyse des mit Unterkieferfreiendprothesen erzielbaren dynamischen und statischen Kaudruckes. Med.Diss.Halle 1966

HERHOLZ, H.: Vergleichende Untersuchungen über die Oberflächenhärte von Kunststoffzähnen. Med.Diss. Hamburg 1962

JAHN, E.: Möglichkeiten und Grenzen der Kunststoffe als Zahn- und Verkleidungsmaterial. Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 77, H 12, 1145 (1967)

NKE, G.: Über Abbauvorgänge an zahnärztlichen Kunststoffen. (Alterung durch Korrosion). Dtsch.zahnärztl. Z. 22, H 5, 634 (1967)

NKE, G.: Über die Festigkeit zahnärztlicher Kunststoffe in Abhängigkeit von der Verarbeitung. Med.Habil.Schrift Marburg 1956

AS, J.J.: Zur Anwendung von Kunststoffzähnen. Stomatologija Moskva H 4, 7o (1958)

RBER, E.: Über die Entstehung der symmetrisch generalisierten, nicht künstlichen und nicht professionellen Abrasion bei natürlichen Zähnen im geschlossenen Gebiß. Dt. zahnärztl. Z. 12, H 12, 84o (1957)

RTINS, E.A., . PEYTON, und . KINGERY: Properties of custom - made plastic teeth formed by different techniques. J. Prosth. Dent. 12, H 6, 1o59 (1962)

TRUP, D.: Über Veränderungen an der Oberfläche von Kunststoffzähnen. Dtsch.zahnärztl. Z. 14, 557 (1960)

TOJIC, M.: Ritz- und Schleifhärteprüfungen an Kunststoffzähnen. Med.Diss.Köln 1950

POHLING, W.: Experimentelle Untersuchungen von Kunststoffzähnen und Kunststoffen für Kronen- und Brückenverkleidungen. Med.Diss.F.U. Berlin 1965

RITZE, H., und H.J. UDE: Artikulation und Abrasion. Dt. zahnärztl. Z. 16, H 18, 1220 (1961)

SPIEKERMANN, W.: Materialeigenschaften der Kunststoffzähne. Das Dentallabor 12 (1954) 10 (1955)

STAEGEMANN, G.: Altersveränderungen von hochpolymeren Kunststoffen und deren Bedeutung für die Medizin. Dtsch. Stomat. 18, H 4, 248 (1968)

STRACK, R.: Für und Wider den Kunststoff. Dt. zahnärztl.Z. H 4, 97 (1947) H 5, 133 (1947)

TAKETA, F., H.S. PERDUE, W.F. O'ROURKE, H.W. SIEVERT, und P.H. PHILLIPS: An abrasion method for determining the wear resistance of teeth. I. Description of apparatus and variables. J. Dent.Res. 36, H 5, 739 (1957)

WILD, W.: Funktionelle Prothetik. Benno Schwabe, Basel 1950.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. K. FUHR für die Überlassung des Themas und die Ratschläge auf diesem Gebiet meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Herzlich bedankt sei auch die mechanische Werkstätte des Biophysikalischen Institutes für die Unterstützung beim Bau des Gerätes.

Ebenso danke ich den Firmen für die großzügige Überlassung der Kunststoffzähne für die Prüfungen.

LEBENSLAUF

Als Sohn des prakt. Zahnarztes Dr. Max Höhnle und seiner Ehefrau Bertl, geborene Schlenker, wurde ich am 21.2.1946 in Stuttgart geboren. Von 1952 bis 1956 besuchte ich die Grundschule, anschließend ein Jahr das Eberhard Ludwigs-Gymnasium in Stuttgart. 1957 wechselte ich auf die Freie Waldorfschule Tübingen bis 1960 über. Anschließend besuchte ich die Freie Waldorfschule Stuttgart-Kräherwald, an der ich am 14.3.1966 die Reifeprüfung ablegte.

Mit Beginn des Sommersemesters 1966 begann ich an der Universität des Saarlandes Zahnheilkunde zu studieren. Am 12.4.1967 legte ich dort die naturwissenschaftliche, am 3.4.1969 die zahnärztliche Vorprüfung und nach dem Sommersemester 1971 die zahnärztliche Prüfung ab.